

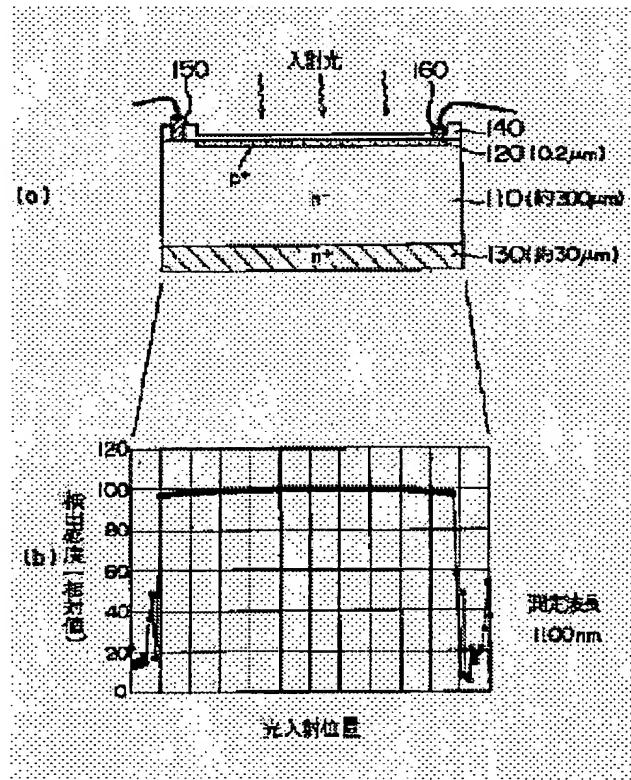
SEMICONDUCTOR LIGHT DETECTING ELEMENT

Patent number: JP6350122
Publication date: 1994-12-22
Inventor: FUJII YOSHIMAROU; MORI HARUMICHI; KUSHIMA TATSUJI
Applicant: HAMAMATSU PHOTONICS KK
Classification:
 - **international:** H01L31/02; H01L31/10; H01L31/02; H01L31/10; (IPC1-7); H01L31/10; H01L31/02
 - **European:**
Application number: JP19930137755 19930608
Priority number(s): JP19930137755 19930608

[Report a data error here](#)

Abstract of JP6350122

PURPOSE: To provide a semiconductor light detecting element which can detect the light in wavelength range from an ultraviolet ray to an infrared ray, suppressing the difference of sensitiveness in detection depending upon the position of an incident light. **CONSTITUTION:** A light, which has entered from a light receiving area and reached a high-resistance layer 110, is absorbed in this region, and it generates a signal charge geared to the intensity of an incident light. The signal charge shifts according to the electric field occurring in a photodiode, and reaches an electrode 150 or an electrode 160. In this detecting operation, the average depth of penetration of an infrared ray out of incoming lights is large, and the possibility of the sum of the absorption depth and the diffusion length of generated charge reaching the vicinity of the rear is high, but a low-resistance layer 120 is formed thicker than the region where crystal defects exist of the substrate, and there is substantially no crystal defect on the rear of the high-resistance layer 110, and the thickness of the high-resistance layer 110 and the surface condition on the rear side are nearly equalized to the position of incidence, so the occurrence of the difference of sensitiveness in detection depending upon the position of incidence is suppressed.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 31/10				
31/02				
	8422-4M	H 01 L 31/ 10		A
	7630-4M	31/ 02		A

審査請求 未請求 請求項の数4 O.L (全6頁)

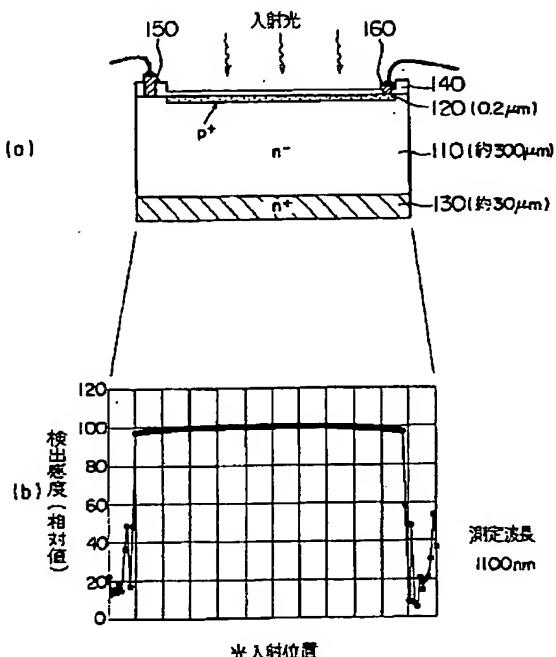
(21)出願番号	特願平5-137755	(71)出願人	000236436 浜松ホトニクス株式会社 静岡県浜松市市野町1126番地の1
(22)出願日	平成5年(1993)6月8日	(72)発明者	藤井 義磨郎 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
		(72)発明者	森 治通 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
		(72)発明者	久嶋 竜次 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
		(74)代理人	弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 半導体光検出素子

(57)【要約】

【目的】 紫外光から赤外光までの波長範囲の光を、入射光位置による検出感度の差を抑制して検出可能な半導体光検出素子を提供する。

【構成】 受光領域から入射し高抵抗層110に達した光は、この領域で吸収され入射光強度に応じた量の信号電荷を発生する。信号電荷はホトダイオード内に発生している電界に従って移動し、電極150あるいは電極160に達する。この検出動作において、入射した光の内で赤外光の平均侵入深さは大きく、吸収深さと発生電荷の拡散長の和が裏面付近まで達する可能性が高いが、基板の結晶欠陥の存在する領域よりも厚く低抵抗層120が形成され、高抵抗層110の裏面には実質的に結晶欠陥はなく、入射位置に対して高抵抗層110の厚さおよび裏面側の表面状態は略均一化しており、入射位置による検出感度の差の発生を抑制する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性化して第1の導電型を発現する不純物を低濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光のエネルギーを実質的にすべて吸収して信号電荷を発生する高抵抗層と、

前記高抵抗層の一方の表面の受光領域に形成された、活性化して第2の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光を実質的に吸収しない第1の低抵抗層と、

前記高抵抗層の他方の表面に形成された、活性化して第1の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、結晶欠陥領域の厚みよりも厚く形成された第2の低抵抗層と、

前記高抵抗層の一方の表面の受光領域以外の領域または前記第2の低抵抗層の表面に形成された第1の電極と、前記第1の低抵抗層の表面に形成された第2の電極と、を備え、前記第1の低抵抗層から光を入射することを特徴とする半導体光検出素子。

【請求項2】 前記第2の低抵抗層の厚みが10μm以上である、ことを特徴とする請求項1記載の半導体光検出素子。

【請求項3】 活性化して第1の導電型を発現する不純物を低濃度に含むとともに結晶欠陥が実質的に除去された一方の表面を有し、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光のエネルギーを実質的にすべて吸収して信号電荷を発生する高抵抗層と、前記高抵抗層の他方の表面の受光領域に形成された、活性化して第2の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光を実質的に吸収しない第1の低抵抗層と、

前記高抵抗層の一方の表面または他方の表面の受光領域以外の領域に形成された第1の電極と、

前記第1の半導体層の表面に形成された第2の電極と、を備え、前記第1の低抵抗層から光を入射することを特徴とする半導体光検出素子。

【請求項4】 活性化して第1の導電型を発現する不純物を低濃度に含むとともに結晶欠陥が実質的に除去された一方の表面を有し、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光のエネルギーを実質的にすべて吸収して信号電荷を発生する高抵抗層と、

前記高抵抗層の他方の表面の受光領域に形成された、活性化して第2の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光を実質的に吸収しない第1の低抵抗層と、

前記高抵抗層の一方の表面に形成された、活性化して第1の導電型を発現する不純物を高濃度に含む第2の低抵抗層と、

前記高抵抗層の他方の表面の受光領域以外の領域または前記第2の低抵抗層の表面に形成された第1の電極と、前記第1の低抵抗層の表面に形成された第2の電極と、を備え、前記第1の低抵抗層から光を入射することを特徴とする半導体光検出素子。

10

20

30

40

50

2

【特徴】

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、入射した光を検出して電気信号に変換する半導体光検出素子の一つであるホトダイオードに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 物質を構成にあたって関与する力として、原子レベル以上の世界では電磁相互作用による電磁力が支配的である。したがって、物質の微細な構造に係わる現象の計測には、波長の短い電磁波である光をプローブとして使用し、光を測定することが必須となる。こうした光測定のために普及している光検出素子としてホトダイオードがある。半導体技術の発展に伴い、ホトダイオードの性能も向上し、広い波長範囲の光を検出可能な素子としてホトダイオードが実用化されている。

【0003】 図4は、従来の広い波長範囲 ($\lambda = 190 \sim 1100 \text{ nm}$) の光を検出可能なホトダイオード素子の構成図である。図示のとおり、このホトダイオード素子は、n型不純物を低濃度に含む高抵抗層910(約0.4mm厚)と、高抵抗層910の一方の表面の受光領域に形成された、p型不純物を高濃度に含む低抵抗層920(約0.2μm厚)と、高抵抗層の他方の表面に形成された、n型不純物を高濃度に含む低抵抗層930(1~2μm厚)と、高抵抗層910の一方の表面の受光領域以外の領域に形成された電極950と、低抵抗層920の表面に形成された電極960と、高抵抗層910の一方の表面側に形成された絶縁膜940と、から構成される。

【0004】 この素子は、n型の導電性を有し、高抵抗を有するパルク状の結晶から、スライスしてウエファを切り出した出発材である基板を加工して得る。すなわち、この基板の一方の表面の受光領域とする部分からp型不純物を0.2μm程度まで高濃度注入して低抵抗層920を形成し、他方の表面からn型不純物を1~2μm程度まで高濃度注入して低抵抗層930を形成する。その後、絶縁膜940、電極950、および電極960を形成して、図4(a)のホトダイオードを得る。ここで、低抵抗層920は、入射光を実質的に吸収しないよう、極力薄く形成される。また、低抵抗層930は、暗電流の低減などの目的で形成され、この目的を達するに充分であり、且つ製造上も容易な1~2μm程度の厚さに形成される。

【0005】 受光領域から入射し高抵抗層910に達した光は、この領域で吸収され入射光強度に応じた量の信号電荷を発生する。この信号電荷はホトダイオード内に発生している電界に従って移動し、電極950あるいは電極960に達する。こうして、入射光のエネルギーに応じた電気信号が出力される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ホトダイオードを製造するにあたって、出発材となる高抵抗を有するウエハ状の半導体基板は、結晶成長したロッドを機械的にスライスして得られる。こうして得た半導体基板では、その表面に数 μm 程度の厚さで結晶欠陥が存在する領域があることは避けることができない。したがって、上記のような従来のホトダイオードの構造では、入射面に対する裏面側の高抵抗層の表面は結晶欠陥の存在する領域が残存していることになる。したがって、入射面からの吸収深さが大きく、励起された発生電荷が拡散長を含めて裏面に達する確率が比較的高い赤外領域の光の検出にあたっては、裏面に分布している結晶欠陥の有無あるいは結晶欠陥の程度が検出感度の変化の要因になり、図4 (b) に示すように光の入射位置によって検出感度が異なるという問題点があった。

【0007】本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、紫外光から赤外光までの波長範囲の光を、入射光位置による検出感度の差を抑制して検出可能な半導体光検出素子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体光検出素子は、信号電荷の発生層の入射面に対する裏面における結晶欠陥の存在する領域を実質的に無くし、吸収されて信号電荷を発生するまでの吸収深さと発生電荷の拡散長との和が大きく、裏面にまで到達する確率の大きな波長の光に關しても光の入射位置による検出感度のばらつきを低減して、紫外光から赤外光までの波長範囲の光を検出する、ことを特徴とする。

【0009】すなわち、本発明の第1の半導体光検出素子は、(a) 活性化して第1の導電型を発現する不純物を低濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光のエネルギーを実質的にすべて吸収して信号電荷を発生する高抵抗層と、(b) 高抵抗層の一方の表面の受光領域に形成された、活性化して第2の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光を実質的に吸収しない第1の低抵抗層と、(c) 高抵抗層の他方の表面に形成された、活性化して第1の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、結晶欠陥領域の厚みよりも厚く形成された第2の低抵抗層と、(d) 高抵抗層の一方の表面の受光領域以外の領域または第2の低抵抗層の表面に形成された第1の電極と、(e) 第1の低抵抗層の表面に形成された第2の電極と、を備え、前記第1の低抵抗層から光を入射することを特徴とする。ここで、第2の低抵抗層の厚みが $10 \mu\text{m}$ 以上である、ことを特徴としてもよい。

【0010】また、本発明の第2の半導体光検出素子は、(a) 活性化して第1の導電型を発現する不純物を低濃度に含むとともに結晶欠陥が実質的に除去された一方の表面を有し、紫外光から赤外光までの波長範囲の入

射光のエネルギーを実質的にすべて吸収して信号電荷を発生する高抵抗層と、(b) 高抵抗層の他方の表面に形成された、活性化して第2の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光を実質的に吸収しない第1の低抵抗層と、(c) 高抵抗層の一方の表面または他方の表面の受光領域以外の領域に形成された第1の電極と、(d) 第1の半導体層の表面に形成された第2の電極と、を備え、第1の低抵抗層から光を入射することを特徴とする。

【0011】また、本発明の第3の半導体光検出素子は、(a) 活性化して第1の導電型を発現する不純物を低濃度に含むとともに結晶欠陥が実質的に除去された一方の表面を有し、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光のエネルギーを実質的にすべて吸収して信号電荷を発生する高抵抗層と、(b) 高抵抗層の他方の表面の受光領域に形成された、活性化して第2の導電型を発現する不純物を高濃度に含み、紫外光から赤外光までの波長範囲の入射光を実質的に吸収しない第1の低抵抗層と、(c) 高抵抗層の一方の表面に形成された、活性化して第1の導電型を発現する不純物を高濃度に含む第2の低抵抗層と、(d) 高抵抗層の他方の表面の受光領域以外の領域または第2の低抵抗層の表面に形成された第1の電極と、(e) 第1の低抵抗層の表面に形成された第2の電極と、を備え、第1の低抵抗層から光を入射することを特徴とする。

【0012】

【作用】本発明の第1のホトダイオードでは、受光領域から入射し高抵抗層に達した光は、この層で吸収され入射光強度に応じた量の信号電荷を発生する。この信号電荷は、ホトダイオード内に発生している電界に従って移動し、また電界外で発生した電荷の一部は拡散後に電界内に到達して第1の電極あるいは第2の電極に達する。こうして、入射光のエネルギーに応じた電気信号が output される。

【0013】一般に、紫外光の吸収深さは小さく、赤外光の吸収深さは大きい。したがって、赤外光の吸収深さと信号電荷の拡散長の和は、光入射面に対する裏面付近まで達する可能性が高いが、基板の結晶欠陥の存在する領域よりも厚く第2の低抵抗層が形成されているので、高抵抗層の裏面には実質的に結晶欠陥はなく、入射位置によって高抵抗層の厚さおよび裏面側の表面状態は略均一化している。したがって、光の入射位置による光検出感度の差なく、光検出し電気信号を出力する。

【0014】本発明の第2および第3のホトダイオードも、本発明の第1のホトダイオードと同様に動作して、入射光のエネルギーに応じた電気信号が output される。これらのホトダイオードでは、半導体基板の入射面に対する裏面を加工して結晶欠陥を除去している。したがって、本発明の第1のホトダイオードと同様に入射位置によって高抵抗層の厚さおよび裏面側の表面状態は略均一化

し、光の入射位置による光検出感度の差が殆ど無しで、光検出し電気信号を出力する。

【0015】なお、本発明の第3のホトダイオードは、本発明の第2のホトダイオードの構成に加えて、加工した裏面に高抵抗層と同一の導電型を有する低抵抗層を形成したので、暗電流を低減する。

【0016】

【実施例】以下、添付図面を参照して、本発明の実施例を説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0017】(第1実施例) 図1は、本発明の第1実施例に係る半導体光検出素子の構成図である。この素子が従来のものと比べて特徴的なことは、入射した光を吸収して信号電荷を発生する高抵抗層である基板の光入射面に対する裏面側における低抵抗層が、ウエファ基板のスライス時に生じる結晶欠陥が存在する領域の厚みよりも大きな厚さで形成されていることである。

【0018】すなわち、この素子は図1(a)に示すように、n型不純物を低濃度に含む高抵抗層110(約0.4mm厚)と、高抵抗層110の一方の表面の受光領域に形成された、p型不純物を高濃度に含む低抵抗層120(約0.2μm厚)と、高抵抗層の他方の表面に形成された、n型不純物を高濃度に含む低抵抗層130(約3.0μm厚)と、高抵抗層110の一方の表面の受光領域以外の領域に形成された電極150と、低抵抗層120の表面に形成された電極160と、高抵抗層110の一方の表面側に形成された絶縁膜140と、から構成される。

【0019】この素子は、n型の導電性を有し、高抵抗を有するバルク状の結晶から、スライスしてウエファを切り出した出発材である基板を加工して得る。すなわち、この基板の一方の表面の受光領域とする部分からp型不純物を0.2μm程度まで高濃度注入して低抵抗層120を形成し、他方の表面からn型不純物を約3.0μm程度まで高濃度注入して低抵抗層130を形成する。その後、絶縁膜140、電極150、および電極160を形成して、図1のホトダイオードを得る。ここで、低抵抗層120は、入射光を実質的に吸収しないように、極力薄く形成される。また、低抵抗層130は、ウエファ基板をスライスした際に生じる入射領域に対して裏面側の数μm程度の厚みの結晶欠陥が存在する領域を光吸収層内に含ませないために、約3.0μm厚に形成される。

【0020】受光領域から入射し高抵抗層110に達した光は、この領域で吸収され入射光強度に応じた量の信号電荷を発生する。この信号電荷はホトダイオード内に発生している電界に従って移動し、また電界外で発生した電荷も一部は拡散後に電界内に到達し電極150あるいは電極160に達する。こうして、入射光のエネルギーに応じた電気信号が outputされる。

【0021】このホトダイオードに入射した光の内、紫外光の吸収深さは小さく、赤外光の吸収深さは大きい。したがって、赤外光の吸収深さと発生電荷の拡散長との和は基板の裏面付近まで達する可能性が高いが、基板の結晶欠陥の存在する領域よりも厚く低抵抗層130が形成されているので、高抵抗層110の裏面には実質的に結晶欠陥はなく、入射位置によって高抵抗層110の厚さおよび裏面側の表面状態は略均一化している。したがって、図1(b)に示すように、光の入射位置による光検出感度の差が殆ど無し(検出感度差が0.3%程度)で、光検出し電気信号を出力する。

【0022】なお、上記の素子では電極150を高抵抗層110の一方の表面の受光領域以外の領域に形成したが、低抵抗層130の表面に形成してもよい。

【0023】(第2実施例) 図2は、本発明に係る第2実施例の半導体光検出素子の構成図である。この素子が従来のものと比べて特徴的なことは、入射した光を吸収して信号電荷を発生する高抵抗層の光入射面に対する裏面が研磨され、ウエファ基板のスライス時に生じる結晶欠陥が存在する領域が除去されていることである。

【0024】すなわち、この素子は図2(a)に示すように、n型不純物を低濃度に含み、研磨された一方の表面を有する高抵抗層210(約0.4mm厚)と、高抵抗層210の他方の表面の受光領域に形成された、p型不純物を高濃度に含む低抵抗層220(約0.2μm厚)と、高抵抗層210の一方の表面の受光領域以外の領域に形成された電極250と、低抵抗層220の表面に形成された電極260と、高抵抗層210の一方の表面側に形成された絶縁膜240と、から構成される。

【0025】この素子は、n型の導電性を有し、高抵抗を有するバルク状の結晶から、スライスしてウエファ状に切り出された出発材である半導体基板を加工して得る。すなわち、この基板の一方の表面を研磨して結晶欠陥領域を除去するとともに、他方の表面の受光領域とする部分からp型不純物を0.2μm程度まで高濃度注入して低抵抗層220を形成する。その後、絶縁膜240、電極250、および電極260を形成して、図2(a)のホトダイオードを得る。ここで、低抵抗層220は、入射光を実質的に吸収しないように、極力薄く形成される。

【0026】このホトダイオードによる光検出は第1実施例と同様に行われ、入射光のエネルギーに応じた電気信号が outputされる。このホトダイオードに入射した光の内、吸収深さが大きい赤外光は吸収深さと拡散長の和が基板の裏面付近まで達する可能性が高いが、基板の裏面側の結晶欠陥は研磨により除去されているので、第1実施例と同様に、入射位置によって高抵抗層210の厚さと裏面側の表面状態は略均一化している。したがって、図2(b)に示すように、光の入射位置による光検出感度の差が殆ど無し(検出感度差が0.3%程度)で、光

検出し電気信号を出力する。

【0027】なお、上記の素子では電極250を高抵抗層210の他方の表面の受光領域以外の領域に形成したが、高抵抗層層210の一方の表面に形成してもよい。

【0028】(第3実施例)図3は本実施例のホトダイオードの構成図である。このホトダイオードは、第2実施例のホトダイオードの構成に加えて、高抵抗層の研磨面側に高抵抗層と同一の導電型を有する低抵抗層を形成したものである。

【0029】すなわち、本実施例のホトダイオードは図3(a)に示すように、n型不純物を低濃度に含む高抵抗層210(約0.4mm厚)と、高抵抗層210の一方の表面の受光領域に形成された、p型不純物を高濃度に含む低抵抗層220(約0.2μm厚)と、高抵抗層の他方の表面に形成された、n型不純物を高濃度に含む低抵抗層330(約30μm厚)と、高抵抗層210の一方の表面の受光領域以外の領域に形成された電極250と、低抵抗層220の表面に形成された電極260と、高抵抗層210の一方の表面側に形成された絶縁膜240と、から構成される。

【0030】このホトダイオードは、第2実施例のホトダイオードと同様に動作して光検出を実行するとともに、低抵抗層330により暗電流を低減して検出精度を向上している。

【0031】なお、上記の素子では電極250を高抵抗層210の他方の表面の受光領域以外の領域に形成したが、低抵抗層330の表面に形成してもよい。

【0032】本発明は、上記の実施例に限定されるもの

ではなく、変形が可能である。例えば、上記の実施例では高抵抗層をn型としたが、p型であっても同様に構成可能である。また、第2あるいは第3実施例の裏面の研磨に代えて裏面のエッティングを行って結晶欠陥を除去してもよい。また、pinホトダイオードなどにも適用可能であり、受光位置による検出感度の均一性を実現することができる。

【0033】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の半導体光検出器によれば、信号電荷を発生する低抵抗層の光入射面に対する裏面における結晶欠陥を実質的に除去したので、光入射位置に対する検出感度の均一性を精度良く維持して紫外光から赤外光までの波長範囲の光を検出可能であり、高精度の入射光エネルギーの計測を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る半導体光検出素子の構成図である。

【図2】本発明の第2実施例に係る半導体光検出素子の構成図である。

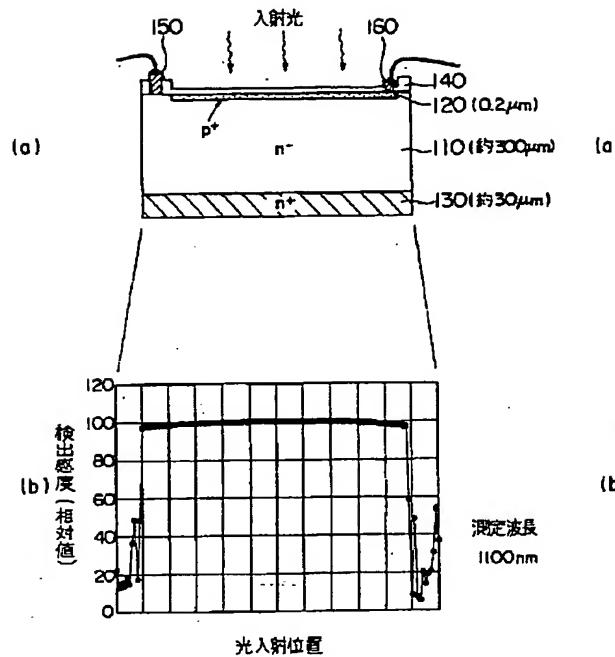
【図3】本発明の第3実施例に係る半導体光検出素子の構成図である。

【図4】従来の半導体光検出素子の構成図である。

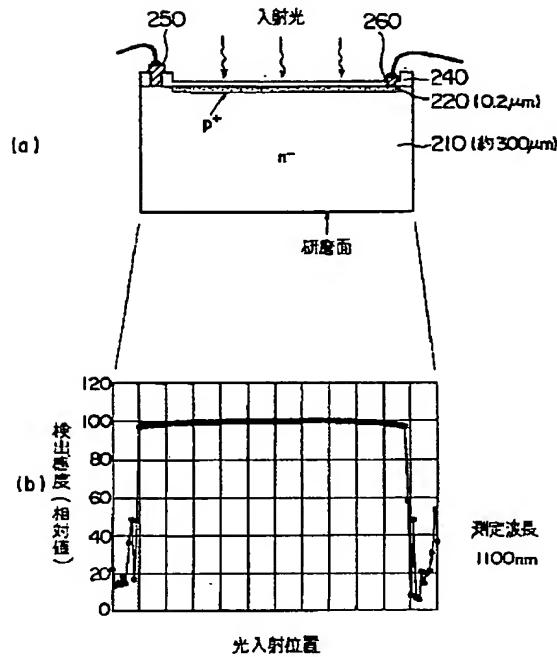
【符号の説明】

110, 210…高抵抗層、120, 130, 220,
330…低抵抗層、140, 240…絶縁膜、150,
160, 250, 260…電極

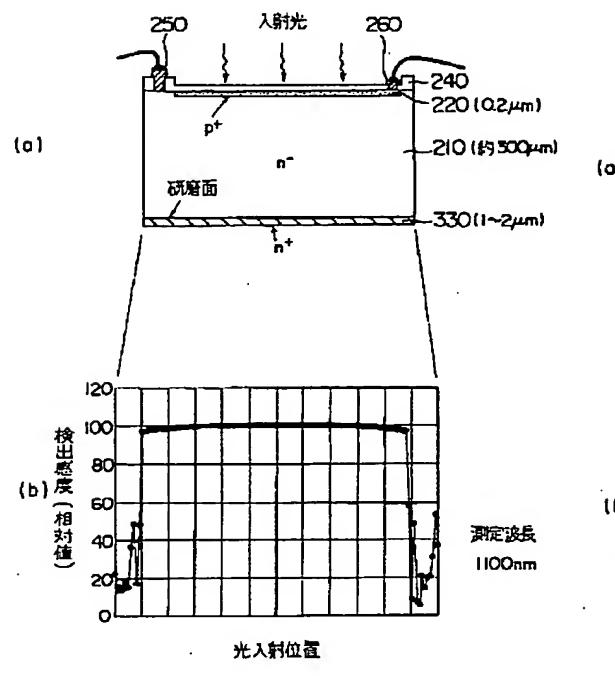
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

